

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-120090

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)6月1日

H 01 S 3/09

7630-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光信号増幅装置

⑯ 特 願 昭60-261771

⑰ 出 願 昭60(1985)11月20日

⑱ 発 明 者 青 木 恭 弘 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

#### 明 細 書

発明の名称 光信号増幅装置

#### 特許請求の範囲

信号光源と、それぞれの波長が $\lambda_{pi}(i=1,2,\dots,N;$   
 $\lambda_{pi}<\lambda_{pi+1})$ のN個の励起光源と、光ファイバと、前  
記信号光源から出射される信号光と前記N個の励起  
光源から出射されるN波長の励起光を合波する波長  
多重回路とを備え、かつ、前記励起光源が

$$\lambda_{pN}-\lambda_{p1}<\Delta\lambda$$

( $\Delta\lambda$ :光ファイバの誘導散乱利得帯域幅)

の条件を満足することを特徴とする光信号増幅装  
置。

#### 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバの誘導散乱効果を用いて  
信号光を光ファイバ内で増幅する光信号増幅装置  
に関する。

(従来の技術)

光ファイバ通信装置では、信号光を直接増幅す  
ることによって許容伝送路損失の増大が計れるこ  
とから、近年、光増幅に関する研究開発が活発に  
行なわれている。その有力な一手段として、光  
ファイバの誘導散乱効果を用いて信号光を直接増  
幅する方式がある(オプティカル・エンジニアリング  
(Optical Engineering)、第24 巻、1985 年、  
600~608ページ)。この方式で信号光を増幅するに  
は、信号光の波長よりもストークスシフト量だけ  
波長の短い励起光を、信号光とともに光ファイ  
バに入射させる。このとき、信号光は励起光に  
よって光ファイバ内に誘起された誘導散乱利得に  
よって増幅される。誘導散乱効果としては、ス  
トークスシフト量が比較的大きいことや、その値  
が光ファイバの構造に依存しないことから通常誘  
導ラマン効果が用いられている。ここで、誘導ラ  
マン効果の場合には、励起光を信号光と同一方向  
に光ファイバ中を伝搬させる前方増幅と、逆方向  
に伝搬させる後方増幅の両励起方式が可能である。

この誘導散乱効果を用いた光信号増幅装置では、光ファイバを伝送媒質とともに増幅媒質として用いていること、また、高利得、高速応答などの特性を有していることなど、半導体増幅媒質を用いた装置に比べて多くの利点がある。しかしながら、この装置では、十分な利得( $\geq 20\text{dB}$ )を得るには、通常、1W以上の高出力な励起光源が必要であるという問題点がある。光ファイバの低損失波長域である波長1.3~1.5 $\mu\text{m}$ 帯において、このような高出力が得られるレーザ光源は、現段階ではNd:YAGレーザやカラーセンターレーザ等に限られており、従来の装置ではこれらのレーザ光源が励起光源として用いられている(例えば、エレクトロニクスレターズ(Electronics Letters)、第21巻、191~193ページ)。しかしながら、これらのNd:YAGレーザやカラーセンターレーザは、高出力が得られるものの、装置が大掛かりであり、また、その励起用ランプやレーザ用結晶の寿命が短く、さらに、出力の時間安定度が悪いという欠点があった。そして、この欠点は、上述の誘導散乱効

果を用いた光信号増幅装置を実用的な光ファイバ通信装置に応用するにあたって寿命や信頼性の点で最大の難点となって表われていた。

一方、光通信用信号光源として用いられている半導体レーザは小型・軽量で、かつ、出力安定度も極めて良いが、得られる出力は最高性能のもので高々100mW程度であるので、光ファイバの励起光源としては出力が不十分であった。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明の目的は、以上述べた様な励起光源に致命的な問題点を有する従来の誘導散乱効果を用いた光信号増幅装置の欠点を除去するために、長寿命でかつ信頼性に富んだ半導体レーザを励起光源として用いることを可能とした光信号増幅装置を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

本発明による光信号増幅装置は、信号光源と、それぞれの波長が $\lambda_{pi}(i=1,2,\dots,N; \lambda_{pi} < \lambda_{pi+1})$ のN個の励起光源と、光ファイバと、前記信号光源から出射される信号光と前記N個の励起光源から出射さ

れるN波長の励起光を合波する波長多重回路とを備え、かつ、

$$\lambda_{pN} - \lambda_{p1} < \Delta\lambda$$

( $\Delta\lambda$ :光ファイバの誘導散乱利得帯域幅)

の条件を満足する様に、前記信号光を前記光ファイバ内で増幅することを構成上の特徴としている。

本発明の好適な実施例によれば、前記N個の励起光源として半導体レーザを用いることを構成上の特徴としている。

(作用)

本構成は、N個の励起光源からのN波長の光が合波された多波長光を励起光とし、かつ、その波長域 $\lambda_{pN} - \lambda_{p1}$ を誘導散乱利得帯域幅 $\Delta\lambda$ よりも十分に狭くしたものである。

まず、一般に、N個の励起光源の各々の発振波長が同じ場合には、いかなる光合分波器を用いようとも、合波後の光パワーは、N個の励起光源のうちで最大出力を有する1個の励起光源の出力パワーを上回る様にすることはできない。しかしなが

ら、本発明の様に、波長の異なった励起光源の場合には、波長多重回路によって容易に低損失で合波させ得る。その結果、所要の増幅利得を得るのに必要な励起入力パワーをPとすると、N個の励起光源の各々の出力は、P/N程度で良い。したがって、この発明によれば、半導体レーザを励起光源として使用することが可能になる。

この発明では、多波長光を励起光としているが、その波長域を誘導散乱利得帯域幅よりも十分狭くすることにより、多波長光にしたことによる影響が増幅利得にほとんど表われない様にすることができる。以下にこの理由について、誘導ラマン効果の場合を例にとって説明する。

一般に、誘導ラマン効果による励起光と信号光の相互作用は、励起光の進行方向をz軸にとると、次式で記述できる。

$$\pm \frac{\partial E_s}{\partial z} + \frac{1}{V_s} \cdot \frac{\partial E_s}{\partial t} + \frac{\alpha_s}{2} E_s = -i \cdot K_2 \cdot Q^* \cdot E_p \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{\partial Q^*}{\partial t} + 2\pi \Delta \nu_R \cdot Q^* = i \cdot K_1 \cdot E_p^* \cdot E_s \quad \dots \textcircled{2}$$

ただし、①式における複号は、+が前方増幅、-が後方増幅の場合を表わしており、後方増幅の場合には信号光は-z方向に伝搬する。

ここで、

$E_p, E_s$ : 励起光および信号光の複素振幅、

$Q$ : 光ファイバ媒質の分子振動の変位、

$V_s$ : 光ファイバ中での信号光の群速度、

$K_1, K_2$ : 光ファイバ媒質の分極に関連した定数、

$\alpha_s$ : 光ファイバ中での信号光の伝送損失、

$\Delta\nu_R$ : 光ファイバの誘導ラマン利得帯域幅、

(波長で表わす場合には、以降 $\Delta\lambda_R$ で表示する)

である。

励起光がN波長の多波長光である場合、その複素振幅を $\sum_{i=1}^N E_{pi}$ で表わすと、①②式より次式が導かれる。

$$\frac{d|E_s|^2}{dz} = \pm g_R |E_s|^2 \sum_{i=1}^N \frac{|E_{pi}|^2}{1 + 2 \frac{|\lambda_{PM} - \lambda_{pi}|}{\Delta\lambda_R}} \mp \alpha_s |E_s|^2 \quad \dots ③$$

よる増幅利得の低下は極めて小さいことがわかる。

ここで、 $\lambda_{pi} < \lambda_{pi+1}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ )と表示すると④式の条件は、

$$\lambda_{pN} - \lambda_{p1} < \Delta\lambda_R \quad \dots ⑦$$

と書き改められる。

(実施例)

次に、図面を参照して本発明の光信号増幅装置について詳細に説明する。

第1図は、本発明による一実施例であり、第2図は本実施例での励起光と信号光の波長の関係を示した図である。この実施例では、誘導散乱効果としては誘導ラマン効果を用い、後方増幅方式を採用している。また、励起光源の個数は17( $N=17$ )である。

第1図において、信号光源1、励起光源201, 202, ..., 217としては、それぞれの発振波長が $\lambda_s = 1.56\mu\text{m}$ ,  $\lambda_{p1} = 1.4515\mu\text{m}$ ,  $\lambda_{p2} = 1.4520\mu\text{m}$ , ...,  $\lambda_{p17} = 1.4600\mu\text{m}$ (波長間隔: 約0.5nm)の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{Py}/\text{InP}$ 分布帰還型単一軸モード半

ただし、

$g_R$ : 誘導ラマン利得係数、

$$\left( = \frac{K_1 \cdot K_2}{\pi \cdot \Delta\nu_R} \right)$$

$\lambda_{PM}$ : N波長の多波長光の中心波長

である。

③式において、

$$|\lambda_{PM} - \lambda_{pi}| < \Delta\lambda_R \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad \dots ④$$

の条件では、③式は以下の様に近似できる。

$$\frac{d|E_s|^2}{dz} = \pm g_R |E_s|^2 \sum_{i=1}^N |E_{pi}|^2 \mp \alpha_s |E_s|^2 \quad \dots ⑤$$

ここで、波長 $\lambda_{pi}$ の励起光、信号光の光パワーをそれぞれ $I_{pi}, I_s$ で表わすと、 $I_{pi} = |E_{pi}|^2, I_s = |E_s|^2$ なので

⑤式は、

$$\frac{dI_s}{dz} = \pm g_R I_s \sum_{i=1}^N I_{pi} \mp \alpha I_s \quad \dots ⑥$$

と表わせる。

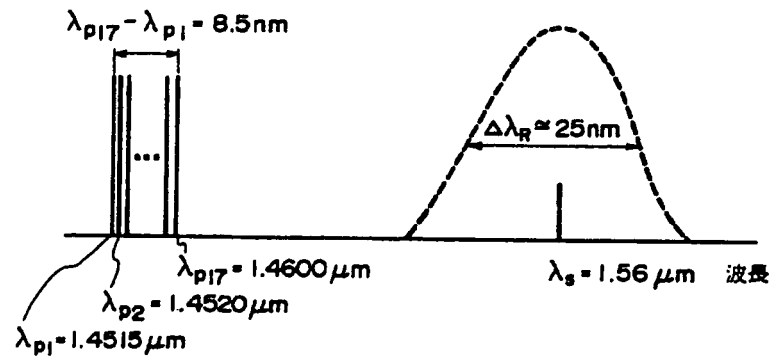
この式から明らかな様に、④式の条件の下では、誘導ラマン効果による単位ファイバ長あたりの増幅利得は、励起光のトータル光パワーによってのみ決定され、励起光を多波長光にしたことに

導体レーザを用いている。これらの半導体レーザの出力は40~55mWの範囲である。また、光ファイバ3は、コア径7 $\mu\text{m}$ 、ファイバ長100km、波長1.45~1.56 $\mu\text{m}$ における伝送損失が0.3dB/km以下の単一モード偏光保存ファイバを使用している。さらに、光フィルター4は、中心波長1.56 $\mu\text{m}$ 、透過波長幅30nmの干渉膜フィルタを、波長多重回路5は、溝の本数600本/nmのグレーティングとレンズによって構成されたものを、光合分波器6はダイクロミックミラーを用いている。さらにまた、光ファイバビッグテイル701, 702, ..., 717, および8は、ファイバ長1m程度の前記光ファイバ3と同じ単一モード偏光保存ファイバを使用している。

励起光源である半導体レーザ201, 202, ..., 217の出力は、それぞれ光ファイバビッグテイル701, 702, ..., 717によって波長多重回路5に導かれ、そこで合波されている。そして、そのN波長の励起光は、光ファイバビッグテイル8、光合分波器6を通して、光ファイバ3に結合されている。この励起光のファイバ入力パワーは、光ファイバへの結合損



才 2 図





Generate Collection

Print

L6: Entry 3 of 3

File: JPAB

Jun 1, 1987

PUB-NO: JP362120090A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 62120090 A  
TITLE: OPTICAL SIGNAL AMPLIFICATION APPARATUS

PUBN-DATE: June 1, 1987

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

AOKI, YASUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NEC CORP

APPL-NO: JP60261771

APPL-DATE: November 20, 1985

US-CL-CURRENT: 372/43

INT-CL (IPC): H01S 3/09

ABSTRACT:

PURPOSE: To enable a semiconductor laser having a long life and high reliability to be utilized as an optical pumping light source, by utilizing, as pumping light, multiple wavelength light in which N types of wavelengths from N pumping light sources are synthesized while setting the wavelength range thereof to be narrower than the stimulated scattering gain bandwidth so as to decrease the output required from each light source to about 1/N of the output conventionally required.

CONSTITUTION: Multiple wavelength light in which N types of wavelengths from N optical pumping light sources are synthesized is utilized as pumping light, while the wavelength range  $\lambda_{pN}-\lambda_{p1}$  is set to be substantially narrower than the stimulated scattering gain bandwidth  $\Delta\lambda$ . With the pumping light sources having different wavelengths, those wavelengths can be easily synthesized with a low loss by a multiple wavelength circuit. Accordingly, in order to obtain a pumping input power P required for obtaining a required amplification gain, output of each of the N light sources may be P/N. Outputs from semiconductor lasers 201, 201,...217 are led by optical fiber pig tails 701, 702,...717, respectively, to the multiple wavelength circuit 5 and synthesized there. The pumping light having N wavelengths is coupled to an optical fiber 3 through an optical fiber pig tail 8 and an optical synthesizing/branching filter 6 and very little light is lost by the coupling to the optical fiber or by the multiple wavelength circuit 5.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

[Previous Doc](#)

[Next Doc](#)

[Go to Doc#](#)